

Mármore da Zona de Ossa-Morena utilizados na Antiguidade Clássica: síntese e discussão dos dados isotópicos publicados

The Ossa-Morena Marbles used in Classic Antiquity: synthesis and discussion of published isotopic data

Moreira, N.^{1,2,*}, Pedro, J.¹, Lopes, L.¹, Carneiro, A.³, Mourinha, N.², Araújo, A.¹, Santos, J.F.⁴, Dias, R.¹

¹ Instituto de Ciências da Terra, Pólo de Évora (ICT); Departamento do Geociências da Universidade de Évora, Colégio Luís António Verney, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora.

² CIDADE - Cidadãos pela Defesa do Património de Estremoz; Rua Bento de Jesus Caraça 2, 7100-104 Estremoz.

³ Centro de História da Arte e Investigação Artística (CHAI); Departamento de História da Universidade de Évora, Palácio do Vimioso, Largo Marquês de Marialva 8, 7000-809 Évora

⁴ GeoBioTec, Departamento de Geociências e Laboratório de Geologia Isotópica, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal;

* nmoreira@estremoz.cienciaviva.pt

Resumo: A utilização de mármore na Antiguidade Clássica, nomeadamente durante a Época Romana, é uma prática comum e ampliada durante o século I. Durante este período histórico, a *Hispania* (Península Ibérica) não foi exceção e várias foram os locais onde estas rochas foram exploradas com fins ornamentais ou arquitetónicos, nomeadamente no Anticlinal de Estremoz, na região de Viana do Alentejo, em Trigaches-São Brissos, em Alconera e em Almadén de la Plata. Em todos estes locais foram encontradas evidências de exploração remota, atribuídas à Época Romana. No presente trabalho caracterizam-se petrograficamente todos estes mármore e os dados isotópicos publicados, nomeadamente o par $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ e a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, interpretando e discutindo os dados existentes no contexto dos processos geológicos atuantes e da sua aplicação ao estudo das proveniências de materiais em época romana. Os dados mostram que a aplicação destes estudos isotópicos e o cruzamento com os dados petrográficos permitem distinguir entre si os diversos mármore da Zona de Ossa-Morena, o que permite a atribuição de proveniências prováveis para os mármore desta zona paleogeográfica.

Palavras-chave: Mármore, Zona de Ossa-Morena, Antiguidade Clássica, Geologia Isotópica, Petrografia

Abstract: The use of marbles during the Classical Antiquity, namely during the Roman Era, was a common practice, being extended during the first century. During this historical era, *Hispania* (Iberian Peninsula) was not an exception and they are several places where marbles were exploited with ornamental or architectonic goal. In places like the Estremoz Anticline, Viana do Alentejo region, Trigaches-São Brissos, Alconera and Almadén de la Plata, evidence of ancient exploitation, attributed to the Roman Era, was recognized. In the present work, these marbles are petrographically characterized and the published isotope data, namely the $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ couple and the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio, are analyzed and discussed in the context of the geological processes and their application to the provenance studies of materials during Roman Era. The data show that the application of both isotopic and petrographic studies allow distinguish the several marbles of the Ossa-Morena Zone from each other, allowing to ascribe a probable provenance for the classical marbles of this paleogeographic zone.

Keywords: Marbles, Ossa-Morena Zone, Classical Antiquity, Isotope Geology, Petrography

1. Introdução

A caracterização isotópica de mármore tem sido utilizada como uma ferramenta diferenciadora dos mármore utilizados durante a Época Romana. Estas assinaturas isotópicas têm servido, em conjunto com outras metodologias, como a petrografia, geoquímica de rocha total e catodoluminescência, como uma “impressão digital” para a proveniência geográfica e geológica dos mármore clássicos. Vários foram os trabalhos em que as assinaturas de mármore em contexto geológico foram comparados com as assinaturas de mármore utilizados em peças arqueológicas ou arquitetónicas (Lapiente & Turi, 1995; Lapiente et al., 2000; Cabral et al., 2001; Morbidelli et al., 2007; Origlia et al., 2011; Taelman et al., 2013), tentando assim atribuir uma proveniência às peças. Neste trabalho pretende-se apresentar uma síntese crítica dos dados isotópicos existentes para os mármore da Zona de Ossa-Morena (ZOM) utilizados durante a Antiguidade Clássica, discutindo os processos geológicos que influenciam as assinaturas isotópicas e, como tal, a aplicação desses dados como indicadores de proveniência.

2. Caracterização petrográfica dos mármore históricos da ZOM

Entre os episódios carbonatados da ZOM, o episódio do Câmbrio inferior (Série 2) é o mais bem representado, sendo a idade constrangida pelo conteúdo fossilífero descrito nas sucessões de Alconera e de Pedroche (Gozalo et al., 2003).

Este episódio é caracterizado por uma sucessão de calcários e dolomias, com intercalações de rochas vulcânicas e siliciclásticas subordinadas. Em várias sucessões, as características primárias (texturais e fossilíferas) das rochas carbonatadas foram obliteradas pelos processos tectono-metamórficos Variscos, dando origem a unidades essencialmente compostas por mármore, sendo a idade câmbria atribuída às sucessões com base em correlações litoestratigráficas e em dados geoquímicos (e.g. Oliveira et al., 1991; Moreira et al., 2019).

De entre os mármore câmbrios da ZOM, alguns ganham importância redobrada, devido à sua exploração em época clássica

(desde o século I). Apresenta-se de seguida uma descrição sucinta de cada um destes mármore clássicos.

- Alconera

Os “Mármore de Alconera”, de natureza calcítica e/ou dolomítica, apresentam cores variáveis entre os tons mais claros (branco a cinza pálido) até aos mais intensos (cinzas escuros, rosados e púrpuras). Ostentam um metamorfismo de muito baixa temperatura (López-Munguira & Nieto García, 2004), o que permite a preservação das características texturais primárias, como sejam as fácies recifais com arqueociatos e estromatólitos, mas também estruturas microbianas e algais, permitindo datar os “mármore” e corroborar a sua natureza marinha de plataforma carbonatada pouco profunda.

- Anticlinal de Estremoz

São identificadas duas unidades de mármore na sucessão de Estremoz, da base para o topo: (1) Formação Dolomítica e (2) Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz, de onde são extraídos os Mármore de Estremoz.

Os Mármore de Estremoz apresentam variações cromáticas que variam desde o branco-creme, ao rosa e ao negro-cinza a azulado escuro (ruivina), com mais ou menos vergadas. São mármore calcíticos muito puros (calcite > 95%), sendo que a mineralogia acessória inclui quartzo, biotite, moscovite, sericite, clorite, feldspatos s.l., dolomite, óxidos e pirite. Apresentam grão médio a fino (valores médios entre 0,5 a 1mm, embora o tamanho do grão possa variar entre os 0,2-4,0mm; Lapiente & Turi, 1995) e textura grano(-lepidó)blástica.

- Viana do Alentejo-Alvito

Estes mármore têm granularidade média a grosseira (comumente superior a 1mm), com cores variáveis, sendo o Verde Viana a variedade comercial mais representativa. São geralmente mármore maciços, embora surjam por vezes litótipos foliados resultantes da presença de um bandado composicional. Os mármore podem ser dolomíticos ou calcíticos, com uma mineralogia acessória diversificada (e.g. Gomes & Fonseca, 2006; Moreira et

al. 2019): quartzo, olivina, serpentina, biotite, tremolite, diópsido, feldspatos s.l., clorite, epidoto, talco, granada e esfena. Pontualmente destaca-se a presença de óxidos de ferro (magnetite e hematite) e sulfuretos.

- Trigaches-São Brissos

Estes mármore são calcíticos, apresentam uma tonalidade cinzenta-azulada e elevada granularidade (comummente superior a 1mm). Em São Brissos, descrevem-se variedades impuras de grão grosso, com a presença de olivina, bem como de outros minerais ferromagnesianos (Ferreira et al., 2013). Outra particularidade é o odor fétido que libertam quando percutidos.

- Almadén de la Plata

São mármore grosseiros (dimensão dos cristais superiores a 1mm) geralmente vergados, com variedades brancas, cinzentas, rosas a esverdeadas (Puelles et al., 2018). Geralmente de composição calcítica (80-97%), existem também variedades maioritariamente dolomíticas, por vezes com mais do que uma geração de carbonatos (Puelles et al., 2018). Estes mármore apresentam uma mineralogia acessória diversificada (raramente superior a 5%), principalmente nas variedades bandadas verdes e cinzentas, contendo quartzo, olivina, diópsido, biotite, espinela, titanite, moscovite, serpentina, feldspatos s.l., tremolite, talco, óxidos de ferro e clorite (Puelles et al., 2018).

3. Dados Isotópicos nos mármore da ZOM

Dois conjuntos de dados isotópicos foram obtidos nos mármore da ZOM: (1) dados de isótopos estáveis ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$) e (2) razões isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. De referir a inexistência de dados para Trigaches.

A análise dos dados referentes ao par $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ mostra uma sobreposição quase total dos dados do Anticlinal de Estremoz, com os dados obtidos nos mármore de Viana do Alentejo e Almadén de la Plata. Exceção é feita para Alconera que apresenta uma assinatura ligeiramente distinta, com valores de $\delta^{18}\text{O}$ geralmente mais baixos que os restantes mármore clássicos da ZOM (Fig. 1A).

No que se refere à razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, é considerada “estável” ao longo do tempo, refletindo a assinatura da água do mar aquando da génese dos calcários. Assim, esta assinatura isotópica deverá ser idêntica para todos os carbonatos com mesma idade. A análise das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Morbidei et al., 2007; Taelman et al., 2013; Moreira et al., 2019) mostra que as razões são consistentemente mais elevadas nos mármore de Almadén de la Plata e de Viana do Alentejo, quando comparados com os obtidos nos Mármore de Estremoz, onde a assinatura isotópica apresenta uma baixa variação (Fig. 1B); o limite de sobreposição entre os dados é relativamente baixo (apenas cerca de 25% dos dados). No caso dos Mármore de Almadén de la Plata, a análise do conjunto amostral, indica ainda a presença de dois outliers.

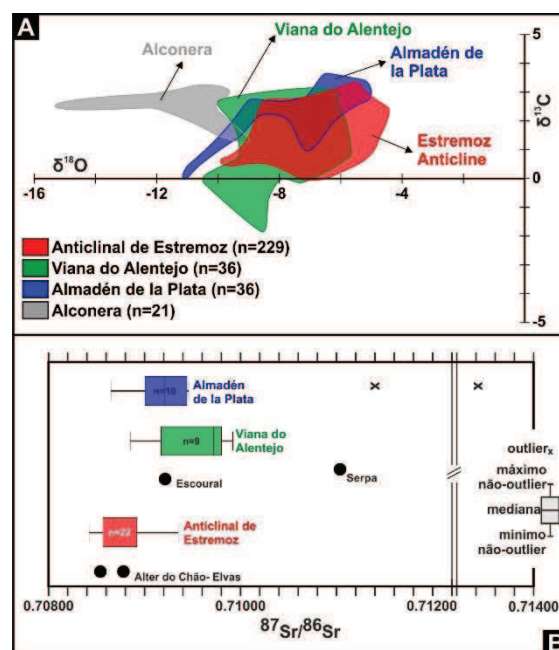


Fig. 1 – Caracterização isotópica dos mármore da ZOM: (A) $\delta^{13}\text{C}$ vs $\delta^{18}\text{O}$ (Lapiente & Turi, 1995; Perez et al., 1998; Lapiente et al., 2000; Cabral et al., 2001; Morbidelli et al., 2007; Origlia et al., 2011); (B) diagrama de bigodes com a razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Morbidei et al., 2007; Taelman et al., 2013; Moreira et al., 2019).

4. Discussão e conclusões

A homogeneidade dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e de $\delta^{18}\text{O}$ obtidos para os mármore de Estremoz, Viana do Alentejo e Almadén de la Plata poderá resultar dos processos metamórficos, explicando-se assim a discriminação dos Mármore de Alconera,

com muito baixo grau metamórfico, relativamente aos restantes mármore clássicos.

No que respeita à razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, os mármore de Estremoz diferenciam-se dos mármore de Viana do Alentejo e Almadén de la Plata, apresentando razões mais baixas. Os mármore de Viana do Alentejo e Almadén de la Plata (e de Trigaches?), localizados nos domínios meridionais da ZOM, têm características texturais e mineralógicas que resultam do metamorfismo de alta temperatura (Gomes & Fonseca, 2006; Ferreira et al., 2013; Puellas et al., 2018; Moreira et al., 2019). Este processo seria responsável pelo incremento da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, por interação dos mármore com fluidos metamórficos de origem crustal, alterando a assinatura primária (Moreira et al., 2019). Resultados semelhantes foram obtidos em outros mármore dos domínios meridionais da ZOM (e.g. Serpa e Escoural; Fig. 1B). Assim, é de supor que os Mármore de Estremoz apresentem uma razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ próxima da primária, o que é apoiado pela semelhança isotópica com os calcários de Alter do Chão-Elvas (Fm. Carbonatada de Elvas; Fig.1B) que se correlacionam com os mármore de Alconera (Moreira et al., 2019). Apesar da inexistência de dados de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ para os mármore de Alconera, será de esperar que estes apresentem uma razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ semelhante à obtida para os Mármore de Estremoz. Contudo, as características petrográficas destes mármore são distintivas dos demais. Enfatiza-se que os estudos isotópicos para caracterização da proveniência dos mármore clássicos só têm real relevância quando cruzados com outras tipologias de estudos como a petrografia, uma vez que só com um controlo cuidado das características texturais e mineralógicas dos mármore, se poderá interpretar corretamente os dados isotópicos.

Agradecimentos

Este trabalho é um contributo para o projeto ALT20-03-0145-FEDER-000028, financiado pelo Alentejo 2020 através do FEDER / FSE / FEEI. Os autores agradecem o financiamento da FCT ao GeoBioTec (UID/GEO/04035/2013) e ao ICT (UID/GEO/04683/2013), bem como ao COMPETE POCI-01-0145-FEDER-007690.

Referências

- Cabral, J. M. P., Maciel, M. J., Lopes, L., et al. (2001). Petrographic and isotopic characterization of marble from the Estremoz Anticline: its application in identifying the sources of Roman works of art, *Journal of Iberian Archaeology*. 3, pp. 121-128.
- Ferreira, P., Caldeira, R., Piçarra, J., et al. (2013). Cartografia geológica sistemática para a edição da Folha 43-A, Cuba – Ponto da situação. *Actas 9ª Conferencia Anual do GGET-SGP, Estremoz*, 55-58.
- Gomes, E.M.C., Fonseca, P.E. (2006). Eventos metamórfico/metassomáticos tardi-variscos na região de Alvito (Alentejo, sul de Portugal). *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, 31, 67 - 85.
- Gozalo, R., Liñán, E., Palacios, T., et al. (2003). The Cambrian of the Iberian Peninsula: an overview. *Geologica Acta*. 1, pp. 103–112.
- Lapuente, M.P., Turi, B. (1995). Marbles from Portugal: petrographic and isotopic characterization. *Science and Technology for Cultural Heritage*. 4, pp. 33-42
- Lapuente, P., Turi, B., Blanc, P. (2000). Marbles from Roman Hispania: stable isotope and cathodoluminescence characterization. *Applied Geochemistry*. 15, pp. 1469-1493
- López-Munguira, A. & Nieto García, F. (2004). Low-Grade Metamorphism in the Central Sector of the Ossa-Morena Zone. *J. Iber. Geol.*, 30, pp. 109-118.
- Morbidelli P, Tucci P, Imperatori C, et al. (2007). Roman quarries of the Iberian peninsula: “Anasol” and “Anasol”-type. *Eur J Mineral*. 19, pp. 125-135.
- Moreira, N., Pedro, J., Santos, J.F., et al (2019). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ applied to age discrimination of the Palaeozoic carbonates of the Ossa-Morena Zone (SW Iberia Variscides). *Int. J. Earth. Sci.*, 108(3), 963–987.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V., Piçarra, J.M. (1991). Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. *Comun. Serv. Geol. Port.* 77, pp. 3-26.
- Origlia, F., Gliozzo, E., Meccheri, M., et al. (2011). Mineralogical, petrographic and geochemical characterisation of white and coloured Iberian marbles in the context of the provenancing of some artefacts from Thamusia (Kenitra, Morocco). *Eur. J. Mineral*. 23, pp. 857-869.
- Perez, A.A., Olivé, M.M., Llanza, I.R., (1998). La Aplicación del Metodo de Isotopos Estables a Mármoles Explotados en Época Romana en la mitad sur de la Península Ibérica. *AEspA*, 71, 103-112.
- Puelles, P., Ábalos, B., Gil Ibarguchi, et al. (2018). Petrofabric of forsterite marbles and related rocks from a low-pressure metamorphic terrain (Almadén de la Plata massif, Ossa-Morena Zone, SW Spain) and its kinematic interpretation. *J. Struct. Geol.*, 117, 58-80.
- Taelman, D., Elburg, M., Smet, I., et al. (2013). Roman marble from Lusitania: petrographic and geochemical characterization. *J. Archaeol. Sci.*, 40, pp. 2227-2236.